

アメフラシの中腸腺の構造

山元憲一^{1†}・半田岳志¹

Structure of digestive diverticula in a sea hare, *Aplysia (Varría) kurodai* (Gastropoda : Opisthobranchia : Aplysiomorpha)

Ken-ichi Yamamoto^{1†} and Takeshi Handa¹

Abstract : The corrosion resin-casts and the tissue preparations (Azan staining) of the digestive diverticula in a sea hare, *Aplysia (Varría) kurodai*, were observed. The digestive diverticula were situated on the ventral side of stomach. Three ducts arose from the proximity of the style sac: one from the right side and two from the left side of the style sac. Each duct ramified. Each tubule extended to the side wall or end of the duct, and was branching out. From the results of the observations, we concluded that the digestive diverticula in a sea hare (Opisthobranchia : Aplysiomorpha) have the structure similar to those in Prosobranchia (Vetigastropoda).

Key words : Gastropoda; sea hare; corrosion cast; digestive diverticula; duct; tubule

緒 言

二枚貝の中腸腺の構造は組織標本をもとに導管から延びる中腸腺細管の様子が図示されており¹⁻³⁾,ゼラチンによる鑄型をもとに図示されている⁴⁾。山元ら⁵⁻¹⁷⁾は,中腸腺の鑄型標本作製する方法を確立させ,腹足綱では前鰓亜綱の古腹足目のクロアワビ *Haliotis discus discus*, サザエ *Turbo cornutus*, 盤足目のマルタニシ *Cipandogopaldina chinensis* およびツメタガイ *Glossaulax didyma* および新足目のアカニシ *Rapana venosa* について,二枚貝綱ではイガイ目のムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*, リシケタイラギ *Atrina (Servatrina) lischkeana*, ウグイスガイ目のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*, カキ目のマガキ *Crassostrea gigas*, マルスダレガイ目のアゲマキガイ *Sinonovacula constricta*, ハマグリ *Meretrix lusoria* およびアサリ *Ruditapes philippinarum* について明らかにしている。しかし,腹足綱の後鰓亜綱については調べられていない。そこで,前報¹⁸⁾では,腹足綱の中腸腺の構造の

全体像を把握する目的で後鰓亜綱頭楯目ブドウガイ上科のブドウガイ *Haloa japonica* の中腸腺の構造を明らかにした。

本報では,同じ後鰓亜綱のアメフラシ目アメフラシ上科のアメフラシ *Aplysia (Varría) kurodai* の中腸腺の構造を調べたので報告する。なお,分類は波部ら¹⁹⁾,首藤²⁰⁾および奥谷²¹⁾に従った。

材料および方法

実験には,体重 154.7±45.7 g (平均値±標準偏差) のアメフラシ 20 個体を用いた。アメフラシは,水産大学校に隣接する海岸で採集し,室内の水槽で 2 週間以上絶食させ,約 0.4 M/l の塩化マグネシウム水溶液²²⁾ に 1~3 時間浸漬して体を伸展させた後,実験に供した。

鑄型 鑄型は,Handa and Yamamoto⁵⁾ に準じて,主剤 (MERCOS CL-2R, 応研商事株式会社) 3 ml 当りに硬化

2010年6月23日受付。Received June 23, 2010.

¹水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

[†]別刷り請求先 (corresponding author) : yamagenk@fish-u.ac.jp

住所 : 〒 759-6595 下関市永田本町 2-7-1 (2-7-1 Nagata-honmachi, Shimonoseki 759-6595)

剤 (MERCOS MA, 応研商事株式会社) 約 0.1 g を混合したもの (以降, 樹脂と表す) を用いて作成した。まず, 先端近くを膨らませたポリエチレン細管 (外径約 1 mm, 長さ 20 cm, Hibiki No. 3) に海水を満たし, これを口から約 5 mm 挿入し, プラスチックシリンジ (20 ml, Top) で約 20 ml の樹脂を注入した。注入後, 水に浸漬して樹脂を硬化させた後, 20% 水酸化ナトリウム水溶液に浸漬し, 肉質部を溶かして水洗した。

断面像 観察は, Davidson液²³⁾で固定した後, 胃の部分を中心に切開して行った。

組織像 観察は, 前記の観察後, 常法に従って中腸腺のパラフィン切片 (10 μm) を作成し, アザン染色して行った。

結 果

中腸腺は, ソラメ状の形を呈して, 体腔の大きな空所に, 内臓の大きな部分を占めて位置していた (Figs. 1, 2)。鋳型標本 (Figs. 3, 4) から, 中腸腺の外側を腸が取り巻く形となっている様子が確認された。

中腸腺の導管は, 鋳型標本 (Figs. 4, 5) と組織像 (Fig. 6) から, 幽門部に位置する晶体囊 (SS) の基部の右から 1 本および左から 2 本の合計 3 本出ている様子が確認された。左からの 2 本は, 大きく盛り上がった 1 箇所から出ている。

鋳型標本 (Fig. 5) では, 導管は胃から出た後, 複雑に枝分かれを繰り返して, 中腸腺全体に広がっている像を示していた。しかし, 組織像 (Fig. 6) から, 導管は胃の近くの枝分かれの部位までで, その先端は中腸腺細管の枝分かれであることが確認された。

中腸腺細管は, 鋳型 (Figs. 4, 5) では導管との境が判別できない。しかし, 組織像 (Figs. 6, 7) から, 中腸腺細管は, 導管の末端および側壁の所々から出て, 枝分かれを繰り返している様子が確認された。

中腸腺細管の細胞は, アザン染色で青く染まる消化細胞で構成され, 所々に比較的赤く染まった細胞が確認された (Figs. 7, 8)。この赤く染まった細部内には, 1 ~ 数個の粒子が確認された。

考 察

中腸腺は腹足綱や二枚貝綱ではいずれも胃を囲むように

して存在するとされている^{24, 25)}。しかし, 鋳型, 組織像および胃を中心とした断面像をみると, 古腹足目のクロアワビやサザエ, 盤足目のマルタニシやツメタガイ, 新腹足目のアカニシ, 後鰓亜綱頭楯目のブドウガイでは, 中腸腺は胃を完全に取り囲んでおらず, 胃の背側は中腸腺が展開していない^{6-10, 18)}。さらに, 後鰓亜綱アメフラシ目のアメフラシでは, 胃の背側から側面にかけて展開せず, 胃の腹側にのみ展開していた。

Purchon²⁶⁻²⁸⁾は, 二枚貝綱の場合をもとに中腸腺の導管が胃壁に開口している型を, 導管が直接胃壁に開口している部位 (Orifice) と胃壁の湾入したところに数本の導管が開口している部位 (Embayment) の 2 つに分けている。腹足綱前鰓亜綱の古腹足目では, クロアワビは胃の 3 箇所の Orifice からそれぞれ 1 本ずつ, サザエは 1 箇所の Embayment から数本が出ている^{6, 7)}。腹足綱の盤足目のタマキビ科の *Littorina littorea* は 1 箇所の Orifice から 1 本, シラタマガイ科の *Trivia monacha* は 2 箇所の Orifice から 1 本ずつ出ている様子が図示されている²⁹⁾。同じ盤足目のツメタガイおよびマルタニシは 1 箇所の Orifice から 1 本出ている^{8, 9)}。後鰓亜綱頭楯目のブドウガイは, 3 箇所の Orifice から 1 本ずつ出ている¹⁸⁾。同じ後鰓亜綱アメフラシ目のアメフラシでは, ブドウガイと導管の数は同じであった。しかし, アメフラシの場合, 2 本の導管が鋳型では盛り上がった 1 カ所から出ている構造を示していたことから, この部位を Embayment 構造とし, 1 箇所の Orifice から 1 本と 1 箇所の Embayment から 2 本の合計 3 本の導管が出る構造であると推測した。

導管が胃から中腸腺細管へ進むに従って枝分かれを繰り返してしだいに細くなる構造は, 二枚貝綱, 原鰓類の Nuculidae, 等糸鰓類および真弁鰓類について図示されている³⁰⁾。鋳型標本からみると, アメフラシも, マガキ¹⁴⁾, アコヤガイ¹³⁾, サザエ⁷⁾, ツメタガイ⁹⁾, マルタニシ⁸⁾, アカニシ¹⁰⁾やブドウガイ¹⁸⁾と同様に, 前記と同様の様相を示していた。しかし, 組織像からみると, アメフラシは, 導管が枝分かれしているマガキ¹⁴⁾, アコヤガイ¹³⁾, ツメタガイ⁹⁾およびアカニシ¹⁰⁾と異なって, クロアワビ⁶⁾, サザエ⁷⁾, マルタニシ⁸⁾およびブドウガイ¹⁸⁾と同様に導管が枝分かれしたのではなく, 中腸腺細管が枝分かれした結果前者と同様の外観を示していた。

Nakazima²⁴⁾は中腸腺細管の形態を, 大きな萎んだ袋状を呈する単軸分岐型と枝分かれを繰り返す叉状分岐型, 二次導管の先端に中腸腺細管の小室が 1 ~ 数個連結した単分岐型の大きく 3 つに分けている。山元ら⁶⁻¹⁰⁾は, 中腸腺細

管を、腹足綱古腹足目のクロアワビは単軸分岐型、同じ古腹足目のサザエおよび盤足目のマルタニシは叉状分岐型、盤足目のツメタガイおよび新腹足目のアカニシは単分岐型であるとしている。後鰓亜綱アメフラシ目のアメフラシは、函鑑など¹⁹⁻²¹⁾では前鰓亜綱新腹足目よりも二枚貝類に近い位置に記載されているが、同じ後鰓亜綱に属する頭楯目ブドウガイ¹⁸⁾と同様に、古腹足目のサザエ⁷⁾や盤足目のマルタニシ⁸⁾と同じ叉状分岐型を示していた。

中腸腺細管を構成する細胞は、消化細胞および将来成長して消化細胞となるアザン染色で赤く染まる暗細胞から成り、前者の細胞は中腸腺細管に運ばれてきた微細な粒子を細胞捕食しているとされている²⁵⁾。Mathers³¹⁾は、ヨーロッパガキ *Ostrea edulis* に C¹⁴ でラベルした *Isochrysis galbana* を投与した実験で、中腸腺細管での細胞捕食を確認している。暗細胞は、crypt 様構造に局在し、二枚貝綱の *Nucula sulcata* (原鰓類)、ムラサキガイ *Mytilus edulis* (等糸鰓類)、アコヤガイ (擬弁鰓類) や真弁鰓類で確認されている^{13, 25)}。古腹足目のクロアワビやサザエ、および後鰓亜綱頭楯目のブドウガイでも、前者と同様に確認されている^{6, 7, 18)}。しかし、盤足目のツメタガイやマルタニシでは、中腸腺細管が消化細胞で構成され、暗細胞は確認されていない^{8, 9)}。一方、アメフラシでは、消化細胞と赤く染まった細胞が確認されたが、赤く染まった細部内には1~数個の粒子が確認された。これらのことから、この赤く染まった細部は、微細な粒子を細胞捕食した結果赤く染まった消化細胞と考えられる。従って、アメフラシは、暗細胞が確認されなかった盤足目のツメタガイやマルタニシ^{8, 9)}に近い細胞構成の中腸腺細管である可能性が考えられる。

以上のことから、中腸腺細管の構造については検討を要すと考えられるが、後鰓亜綱アメフラシ目のアメフラシの中腸腺の基本構造は、後鰓亜綱頭楯目のブドウガイと同様に、前鰓亜綱古腹足目に近い構造を示すと推測される。

要 約

アメフラシの中腸腺を鋳型および組織像から調べた。導管は、幽門部に位置する晶体囊の基部の1カ所の Orifice から1本および同基部の1カ所の Embayment から2本の合計3本伸びていた。導管は胃から伸びて枝分かかれし、その先端は中腸腺細管となっていた。中腸腺細管は、導管の先端から伸びた部分の側壁および導管の側壁の所々から出て、それらが分岐を繰り返す構造(叉状分岐型)となって

いた。結果から、後鰓亜綱アメフラシ目のアメフラシの中腸腺は、前鰓亜綱古腹足目に近い構造を示していた。

文 献

- 1) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nuculidae. *Quart J micr Sci*, 97, 541-567 (1955)
- 2) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. I. The Anisomyaria and Eulamellibranchia. *Quart J micr Sci*, 97, 517-537 (1955)
- 3) Nakazima M : On the structure and function of the mid-gut gland of Mollusca with a general consideration of the feeding habits and systematic relation. *Jpn J Zool*, 11, 469-566 (1956)
- 4) Yonge C M : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass U K*, 14, 295-386 (1926)
- 5) Handa T and Yamamoto K : Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Mollusca : Bivalvia). *J Shell Res*, 22 (3), 777-779 (2003)
- 6) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : クロアワビの中腸腺の構造. 水大校研報, 53(3), 105-116 (2005)
- 7) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : サザエの中腸腺の構造. 水大校研報, 55(3) 71-89 (2007)
- 8) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : マルタニシの中腸腺の構造. 水大校研報, 55(4), 149-159 (2007)
- 9) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : ツメタガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 55(3), 91-99 (2007)
- 10) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アカニシの中腸腺と唾液腺の構造. 水大校研報, 55(3), 101-114 (2007)
- 11) 山元憲一・半田岳志 : ムラサキガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 57(2), 71-80 (2008)
- 12) 山元憲一・半田岳志 : タイラギの中腸腺の構造. 水大校研報, 57(1), 71-80 (2008)
- 13) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アコヤガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 52(1), 31-43 (2004)
- 14) 山元憲一・半田岳志・近藤昌和 : マガキの中腸腺の鋳型作成の試み. 水大校研報, 51(3), 71-80 (2003)
- 15) 山元憲一・半田岳志 : アゲマキガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 57(3), 195-207 (2009)

- 16) 山元憲一・半田岳志：ハマグリの中腸腺の構造．水大校研報，57(3)，209-218（2009）
- 17) 山元憲一・半田岳志：アサリの中腸腺の構造．水大校研報，58(2)，113-133（2009）
- 18) 山元憲一・半田岳志：ブドウガイの中腸腺の構造．水大校研報，59(1)，19-26（2010）
- 19) 波部忠重，浜谷巖，奥谷喬司：分類．波部忠重，奥谷喬司，西脇三郎（編），軟体動物概説（上巻）．サイエンティスト社，pp 3-134（1994）
- 20) 首藤次男：系統と進化．波部忠重，奥谷喬司，西脇三郎（編），軟体動物概説（上巻）．サイエンティスト社，pp217-269（1994）
- 21) 奥谷喬司：日本近海産貝類図鑑．奥谷喬司（編）．東海大学出版会（2000）
- 22) Namba K, Kobayashi M, Aida S, Uematsu K, Yoshida M, Kondo Y and Miyata Y : Persistent relaxation of the adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion. *Fish Sci*, 61, 241-244 (1995)
- 23) Bell T A and Lightner D V : A handbook of normal Penaeid shrimp history. World aquaculture society, USA, p2.
- 24) Nakazima M : On the structure and function of the mid-gut gland of Mollusca with a general consideration of the feeding habits and systematic relation. *Jpn J Zool*, 11, 469-566（1956）
- 25) Yonge C M : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass U K*, 14, 295-386（1926）
- 26) Purchon R D : The stomach in the Filibranchia and Pseudolamellibranchia. *Proc Zool Soc, London*, 129, 27-60（1957）
- 27) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV. *Proc Zool Soc, London*, 131, 487-525（1958）
- 28) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV and V. *Proc Zool Soc, London*, 135, 431-489（1960）
- 29) Graham A : The molluscan stomach. *Trans Roy Soc Edinburg*, 61, 737-778（1949）
- 30) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nuculidae. *Quart J micr Sci*, 97, 541-567（1955）
- 31) Mathers N F : The tracing of a natural algal food labelled with a carbon 14 isotope through the digestive tract of *Ostrea edulis* L. *Proc malac Soc Lond*, 40, 115-124（1972）

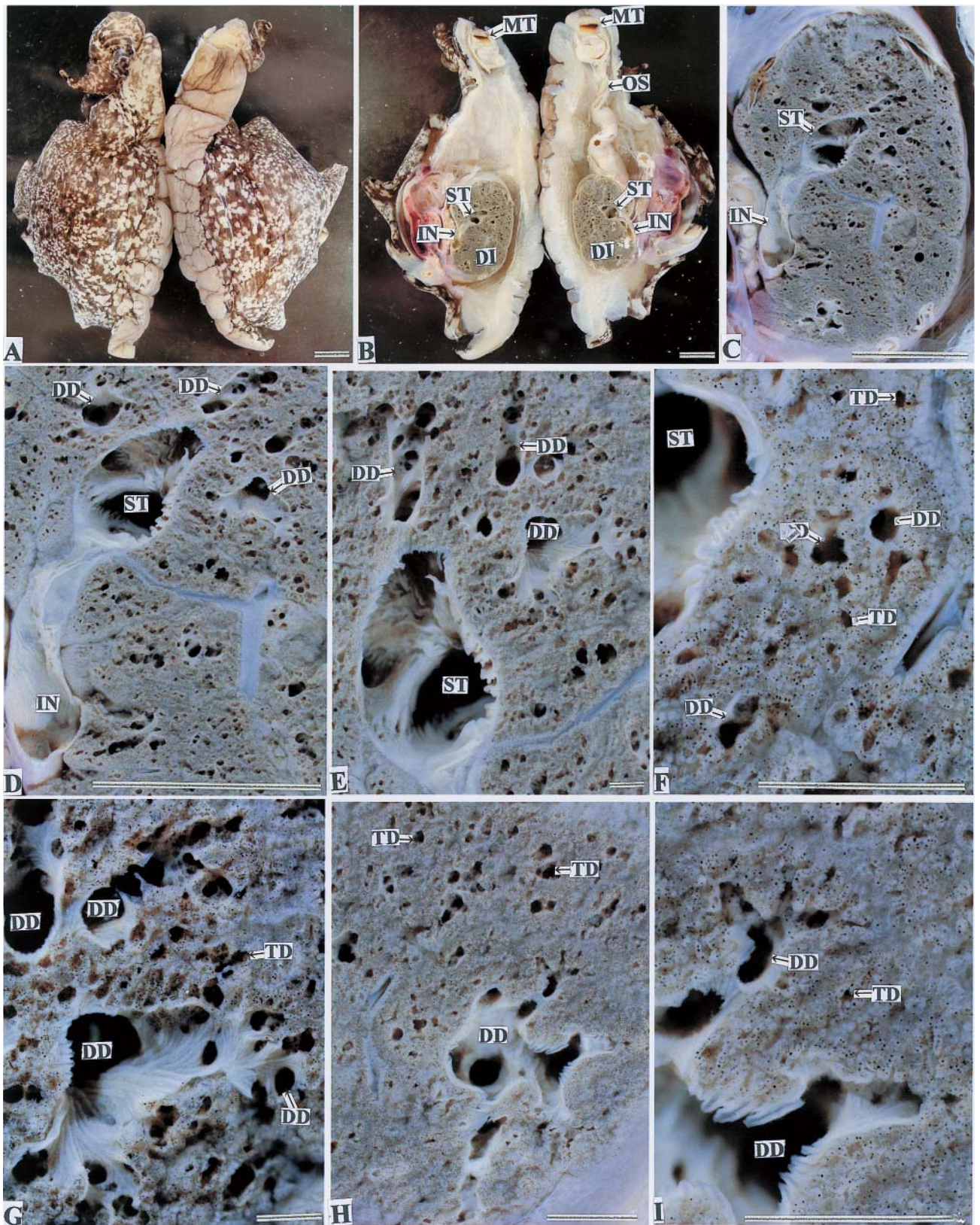


Fig. 1. Exterior view (A), vertical section of body (B) and vertical section of digestive diverticula of a sea hare, *Aplysia* (*Varria*) *kurodai*. MT, mouth; OS, oesophagus; ST, stomach; IN, intestine; DI, digestive diverticula; DD, duct; TD, tubule which resembled a duct. Bars in A and B = 1 cm, and bars in C-I = 100 μ m.

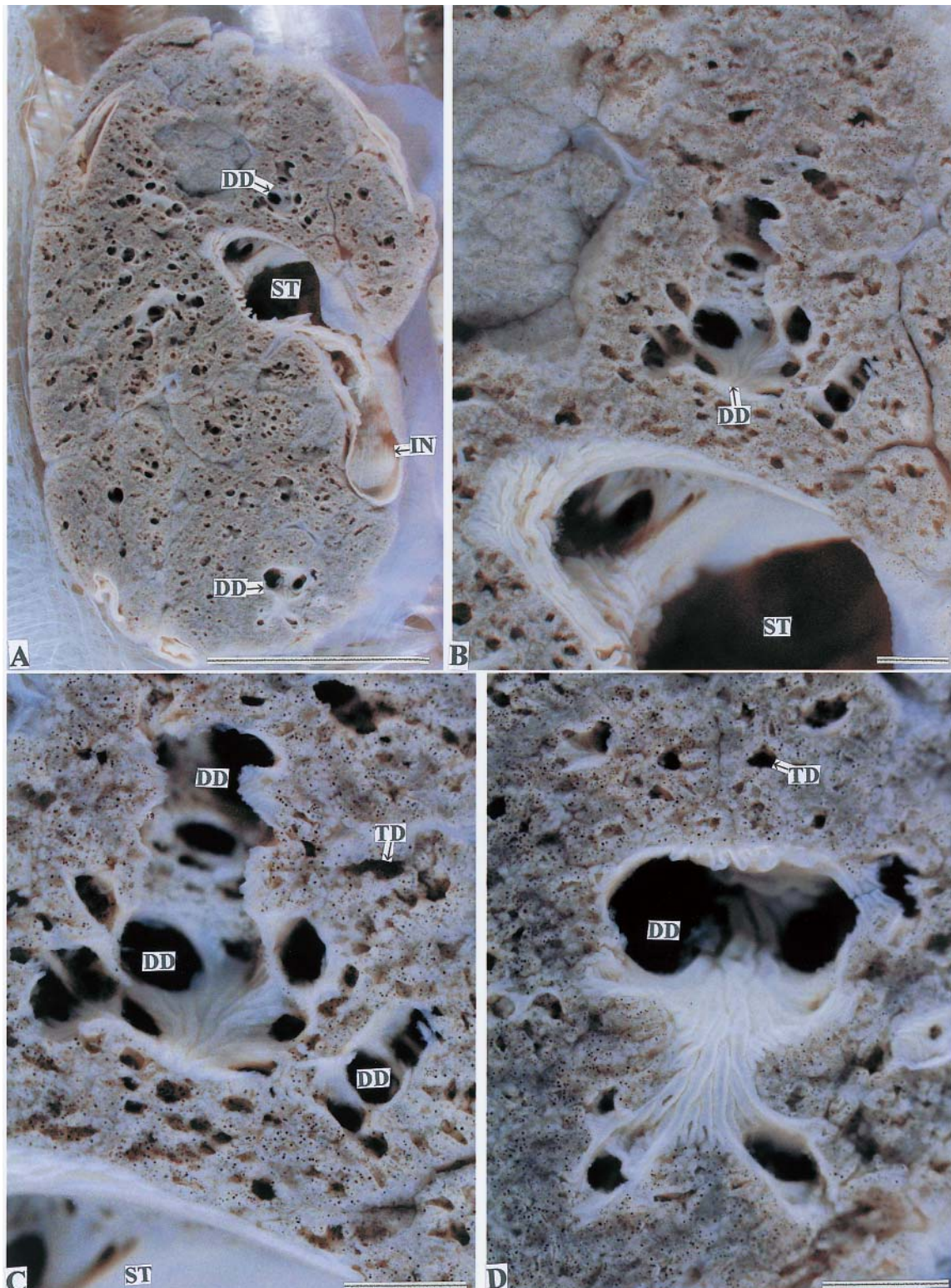


Fig. 2. Vertical section of digestive diverticula of a sea hare. ST, stomach; IN, intestine; DD, duct; TD, tubule which resembled a duct. Bar in A = 1 mm, and bars in B-D = 100 μ m.

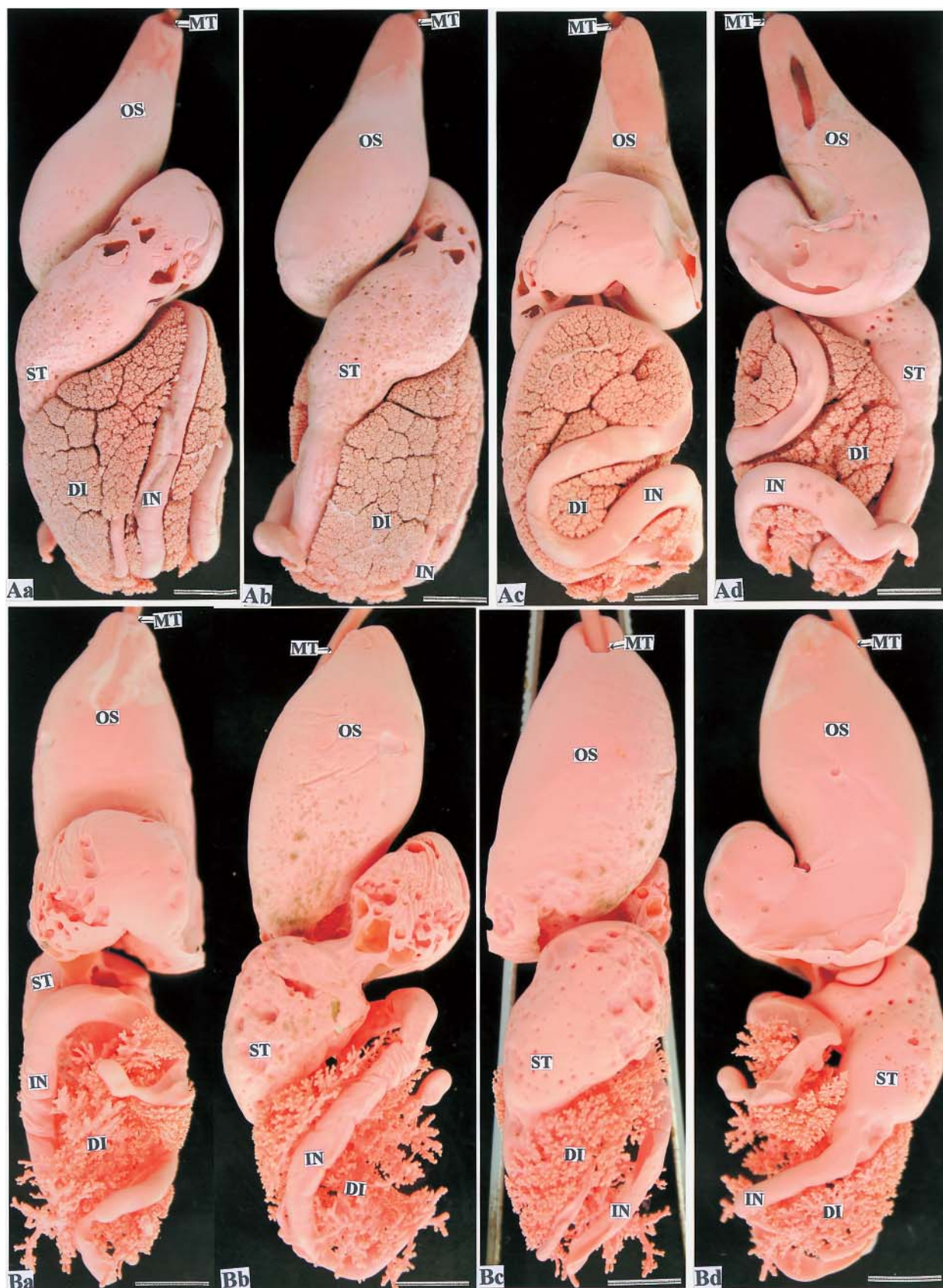


Fig. 3. Corrosion cast of the digestive organ of a sea hare. Aa, Ab and Bb, lateral view (right); Ac and Ba, ventral view; Ad and Bd, lateral view (left); Bc, dorsal view; MT, mouth; OS, oesophagus; ST, stomach; IN, intestine; DI, digestive diverticula. Bars = 1 mm.

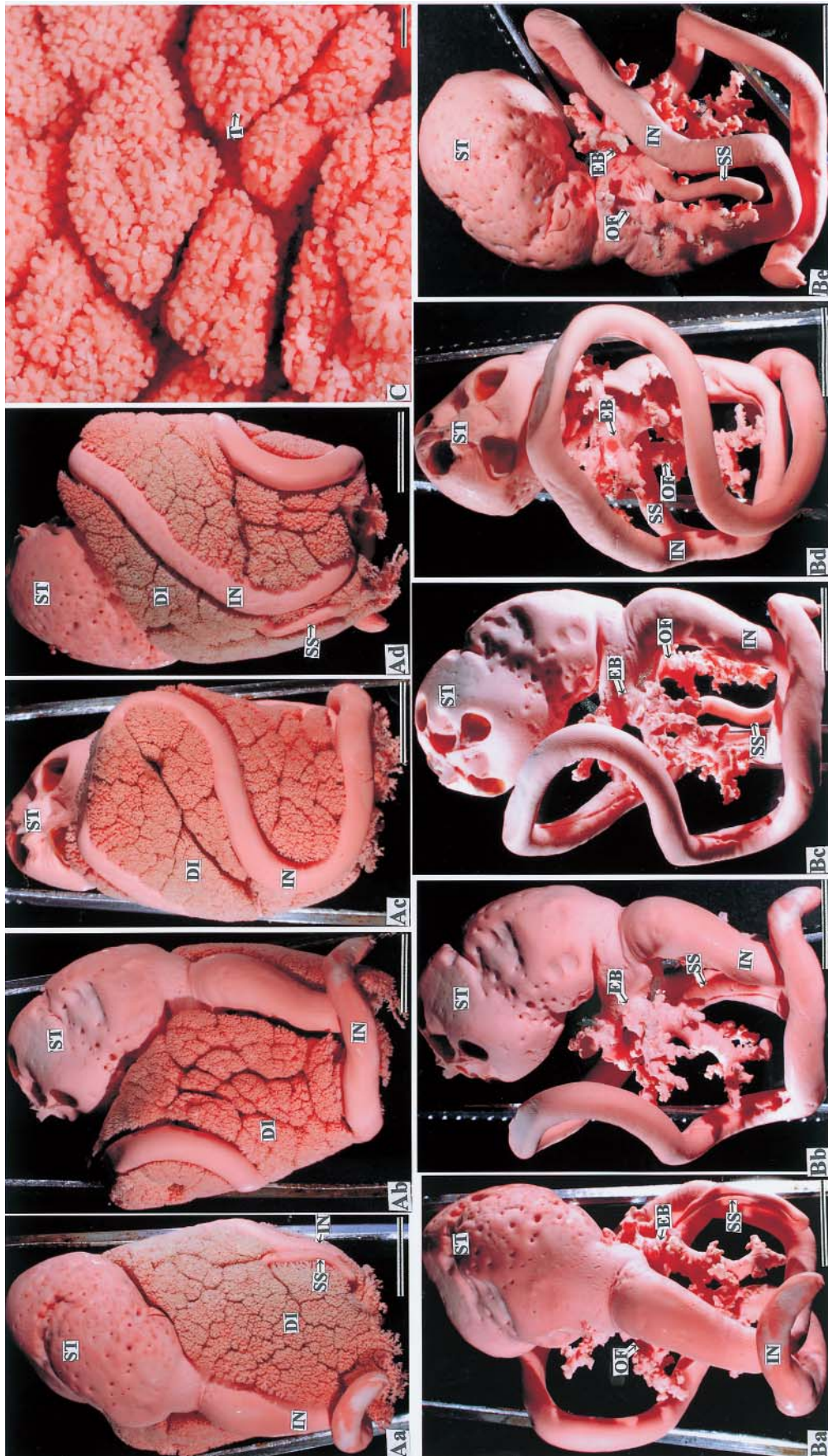


Fig. 4. Corrosion cast of the digestive organ of a sea hare. Aa, Ad, and Be, lateral view (right); Ab, Bb, Bc and Bd, lateral view (left); Ac, ventral view; Ba, dorsal view; C, surface of digestive diverticula; ST, stomach; IN, intestine; DI, digestive diverticula; SS, style sac; EB, embayment; OF, orifice; T, tubule. Bars = 1 mm.

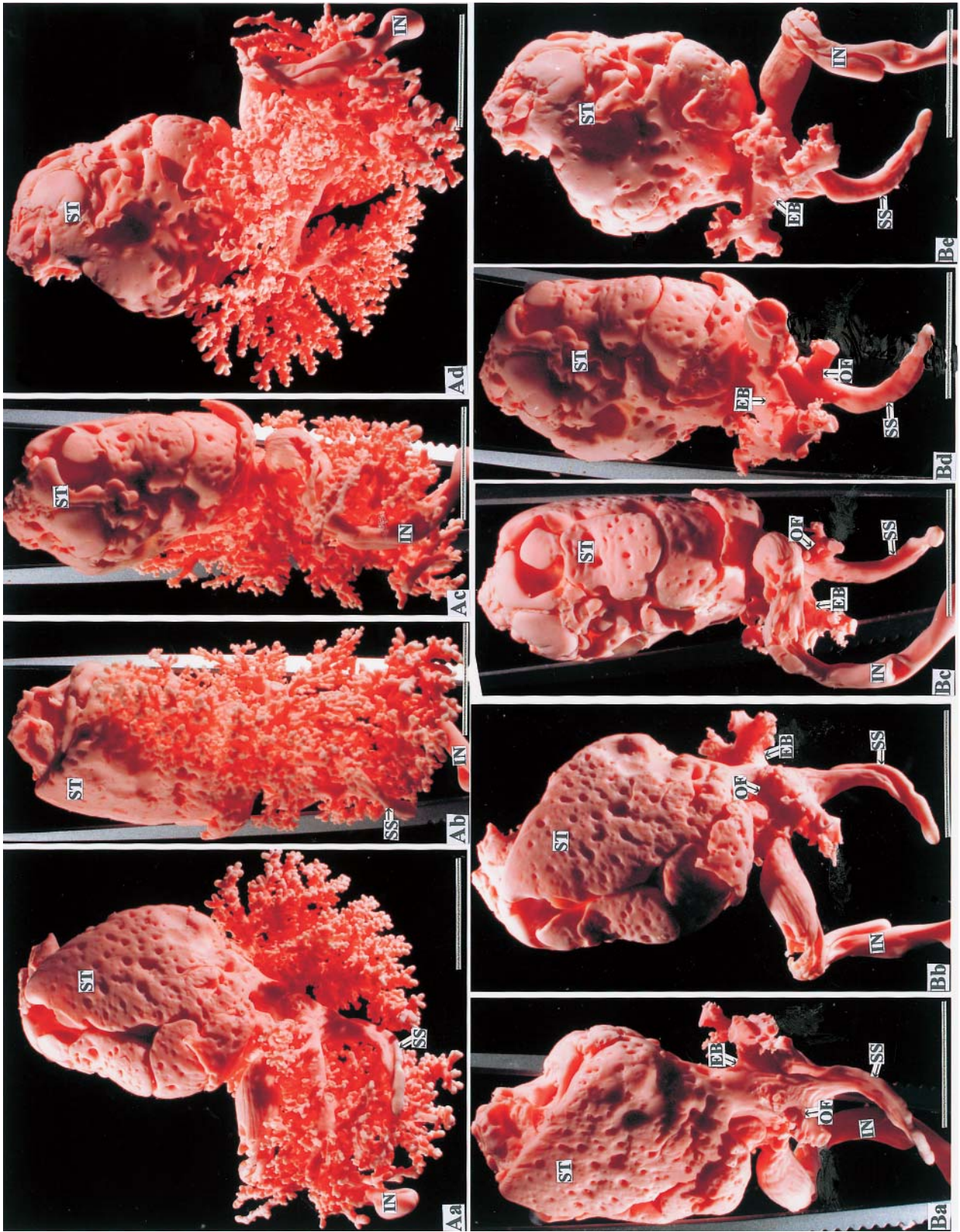


Fig. 5. Corrosion cast of the digestive organ of a sea hare. Aa, Bb and Bc, lateral view (right); Ab and Ba, ventral view; Ac and Bd, dorsoventral view; Ad and Be, lateral view (left); ST, stomach; IN, intestine; SS, style sac; EB, embayment. Bars = 1 mm.

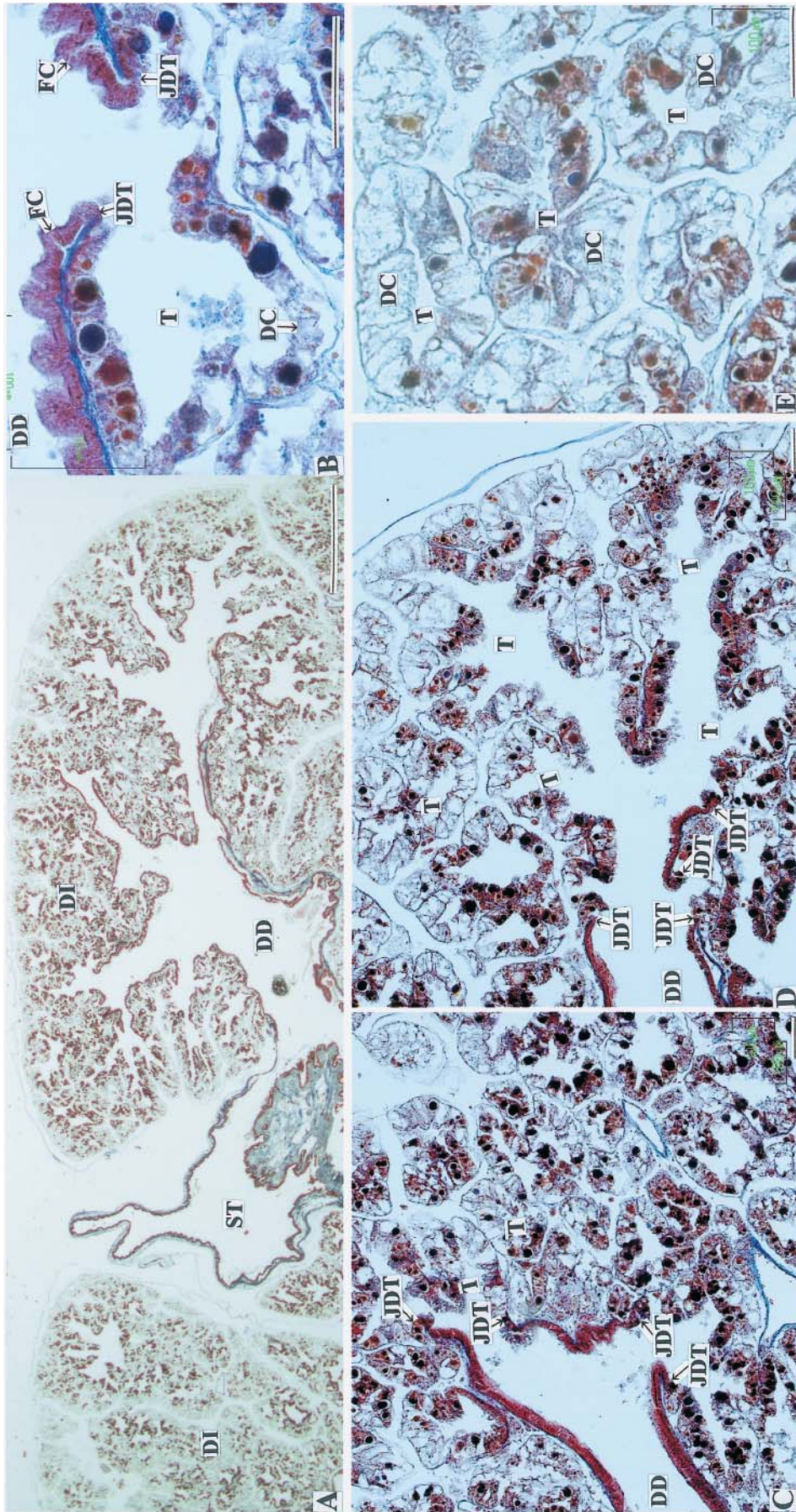


Fig. 6. Digestive diverticula of a sea hare. DI, digestive diverticula; DD, duct; T, tubule; JDT, junction of the duct with a tubule; FC, fragelated cell; DC, digestive cell. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-E = 100 μ m.

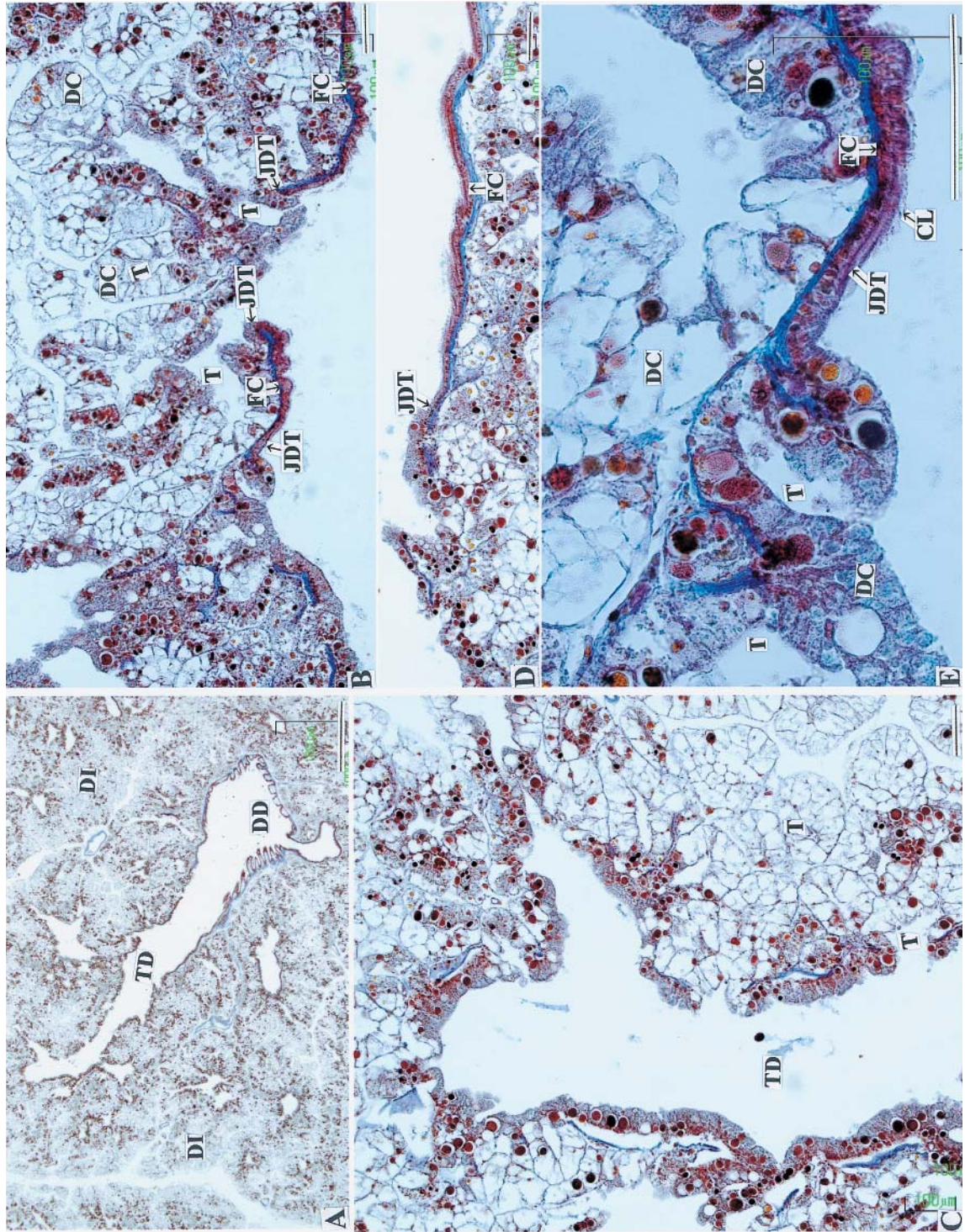


Fig. 7. Digestive diverticula of a sea hare. DI, digestive diverticula; DD, duct; TD, tubule which resembled a duct; T, tubule; JDT, junction of the duct with a tubule; FC, fragelated cell; DC, digestive cell; CL, cilium. Bar in A = 1 mm, and bars in B-E = 100 μ m.

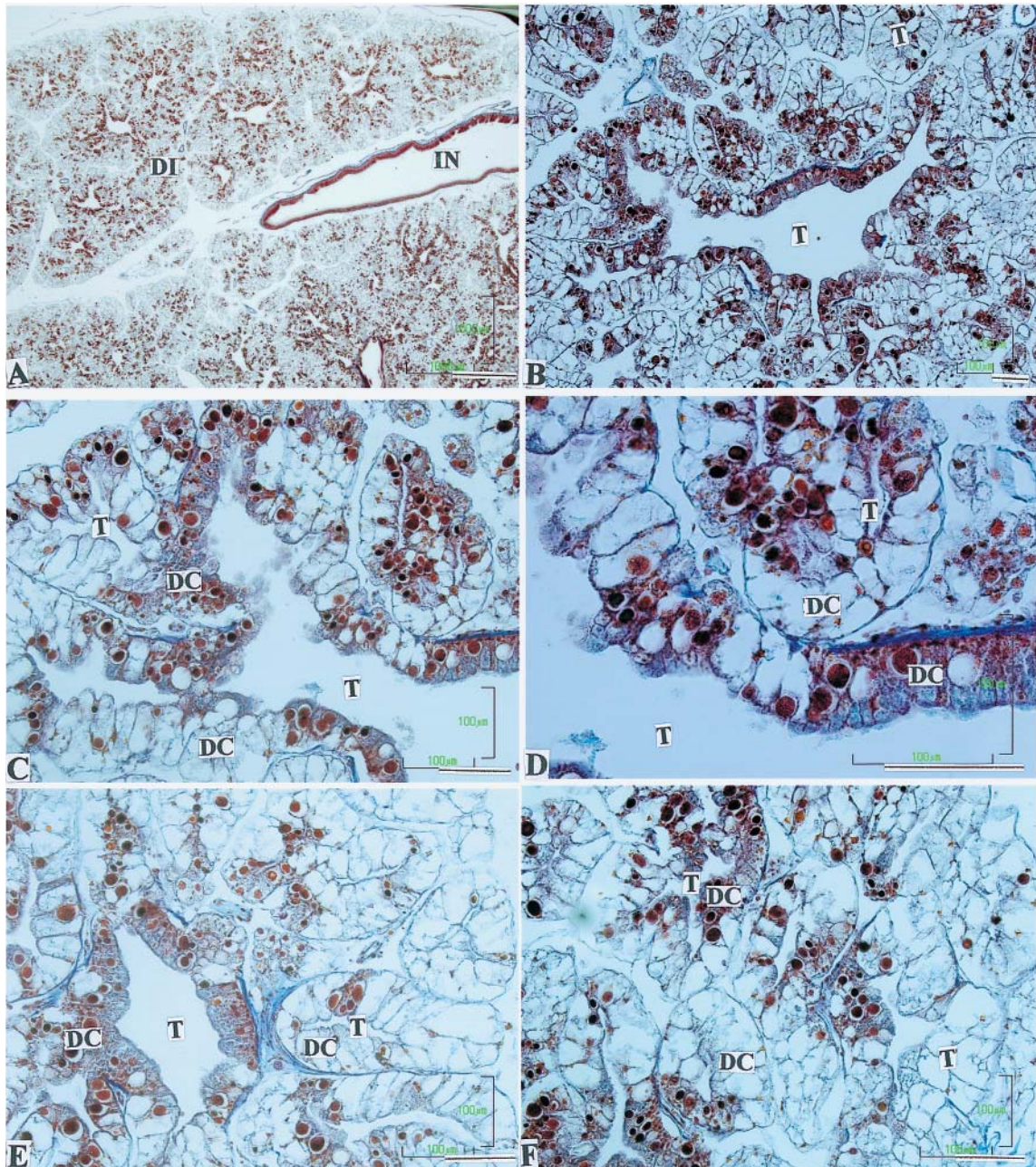


Fig. 8. Digestive diverticula of a sea hare. IN, intestine; DI, digestive diverticula; T, tubule; DC, digestive cell. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-E = 100 μ m.